



TITLE:

超流動ヘリウムのラマン散乱(「ヘリウムの物性-光散乱を中心に-」,物性研究所短期研究会報告)

AUTHOR(S):

生嶋, 明; 大林, 康二

CITATION:

生嶋, 明...[et al]. 超流動ヘリウムのラマン散乱(「ヘリウムの物性-光散乱を中心に-」,物性研究所短期研究会報告). 物性研究 1974, 21(4): G39-G41

ISSUE DATE:

1974-01-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/88709>

RIGHT:

- 8) S. Nakajima, Prog. Theor. Phys. 45, 353 (1971)
- 9) T. Greytak, R. Woerner, J. Yan and R. Benjamin, Phys. Rev. Lett. 25, 1547 (1970)
- 10) T. Greytak and J. Yan, Proc. 12th Intern. Conf. Low. Temp. Phys. (Kyoto) 1970, p. 89.
- 11) M. J. Stephen and L. Mittag, Phys. Rev. Lett. 31 923 (1973)
- 12) N. R. Werthamer, Phys. Rev. 185 348 (1969)
- 13) N. R. Werthamer, R. L. Gray and T. R. Koehler, Phys. Rev. B4 1324 (1971)

超流動ヘリウムのラマン散乱

東大物性研 生嶋 明, 大林康二

Greytak らの He^4 におけるラマン散乱の実験は、周知のように、ロトン・ロトン相互作用についてきわめて活発な議論をひきおこした。彼らの結論で重要な点は、

- (1) ロトン・ロトンは引力相互作用。
- (2) その結合エネルギーは約 0.37°K 。
- (3) 幅の温度変化が Landau-Khalatnikov の理論曲線および従来の中性子の結果に合う。
- (4) ロトン・ロトンの結合係数は粘性係数の値と矛盾しない。
- (5) 偏光効果の確認。

であろう。

しかし、Greytak らの測定にはいくつかの疑問点がある (Surko らの同様な測定は質的にずっと劣り、問題にならない)。上記(1)および(2)は、ラマン散乱強度のピークが中性子散乱で得られたロトン・エネルギー Δ_0 の2倍より内側に位置すること、およびその位置から得られた結論であるが、それならば $2\Delta_0$ のところに何ら

異常が認められないのは何故か。岩本氏の理論によれば状態密度の極値を与えるエネルギーでは散乱強度の微係数が ∞ になる筈である。また、一方(2), (3)いずれも問題にしているエネルギーが装置の分解能より小さな値を問題にしていることもたどえ計算機で deconvolution の操作を入れたにしても気になるところである。

最近, He^4 に加えて $\text{He}^3 - \text{He}^4$ 系でのラマン散乱が Greytak らと Surko らによって測定され, 散乱強度の極大で定義したロトンエネルギーが約 30 % まで He^3 濃度に依らず一定で幅のみが増加することが報告されている。この前半のことはその後 5 % He^3 の混合系で中性子散乱でも確認されているが, 第 4 音波などできめた常流動密度のデータとは矛盾する。なお, これら混合系の実験では, ロトン・ロトンの結合エネルギー幅などを議論するところ迄は至っていない。

この混合系の結果は, He^3 を加えたための密度減少から来るロトンエネルギーの増加と, $\text{He}^3 \cdot$ ロトン相互作用によるロトンエネルギーの減少とが丁度打消し合っていると説明が有る。この説明の定量性はまだ充分ではないが, もしこの立場をとるならば, 圧力を加えれば, 上の 2 つの効果いずれでもロトンエネルギーの低下が期待される。あるいは, ロトンを構成する He^4 のまわりに He^3 がほとんど居ない状態を想定するならば, 圧力効果は pure He^4 と変らないことになろう。

我々はまず混合系のこの点を詳しく検討すべくラマン散乱の測定をはじめた。この場合, 勿論, はじめに pure He^4 で従来の最良のデータが得られるよう装置一切を調整したところ, 図らずも $2\Delta_0$, 分散の極大エネルギーの 2 倍 ($2\Delta_1$) およびいわゆるプラトーのエネルギーの 2 倍 ($2\Delta_2$) の位置に鋭い極小を持ち, 且つ $2\Delta_0$ より低エネルギー側で大きなピークを示す曲線が得られた。これは, きわめて慎重な分光器の調整と, 或る波長に止めて充分なフオトンカウント数を貯めこむという努力の結果である。我々は再現性を十分にチェックし, 且つ, 試料を入れない状態で詳細にバックグラウンドを測定してそこに図 1 のような構造があらわれていないこと, およびこの波長域で分光器自体に特殊な分光特性が何ら無いことも再三確認しているので, この結果は確かなものであると考えている。

ここで結論として云えることは,

- (1) 2 ロトンは引力
- (2) 1.3 ° K で,

$$2\Delta_0 = 17.7 \pm 0.3 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$2\Delta_1 = 28.7 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$2\Delta_2 = 35.2 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

(3) 2 ロトンの結合エネルギー E_B は,

$$0.27 \lesssim E_B \lesssim 1.08 \text{ } ^\circ\text{K}$$

(4) Greytak らが与えた幅はおそらく factor 2 程度の過大評価。したがって, Landau-Khalatnikov の kinetic theory の再検討が必要。

現在の実験上の大きな問題は, 到達最低温度が $1.3 \text{ } ^\circ\text{K}$ であること, および, 分光器系の分解能が全不十分なこと, の2つである。ロトン・ロトン相互作用の立ち入った議論をするには, おそらく $0.4 \sim 0.5 \text{ } ^\circ\text{K}$ からラムダ点までの温度域が必要であること, 結合エネルギーなどを精度よく求めることが問題の大きなポイントであることを考えれば, この事態を早急に改善しなければならないと考えている。

これから緊急に測定すべきことは, 上記の2つの困難が改善されたとして,

(1) 結合エネルギーと幅とを温度, 圧力, He^3 濃度の関数として測定すること。

(2) Δ_0 , Δ_1 , Δ_2 を温度, 圧力, He^3 濃度の関数として測定すること。

(3) 偏光測定

であろう。これで, ヘリウムでのロトン・ロトン相互作用, 混合系での分散がきわめて詳細に理解出来ることと考えている。

ロトンの線巾と結合エネルギー

阪大教養 西山 敏之

最近 Brookhaven の Passell ら⁽¹⁾は, 中性子散乱によるロトンの線巾の実験を, 精密な3軸結晶解析の装置によって行った結果, 前回の実験結果⁽²⁾とは異なって意外に狭い線巾が得られることを示した。圧力 1.03 atm , 温度 1.10 K でロトンエネルギーは 0.86 K , 線巾は, 波数 $Q < 2.7 \text{ \AA}^{-1}$ では, 装置巾 (instrumental width) 0.59 K よ